



①9 **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 19 687 A 1**

⑤1 Int. Cl.7:  
**C 23 C 4/12**  
C 23 C 4/16  
C 23 C 24/08  
F 41 A 21/02

②1 Aktenzeichen: 199 19 687.7  
②2 Anmeldetag: 30. 4. 1999  
④3 Offenlegungstag: 2. 11. 2000

**DE 199 19 687 A 1**

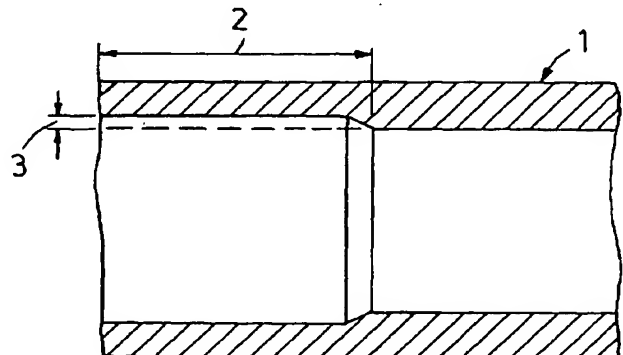
⑦1 Anmelder:  
Rheinmetall W & M GmbH, 29345 Unterlüß, DE

⑦2 Erfinder:  
Warnecke, Christian, 29345 Unterlüß, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤4 Verfahren zur Innenbeschichtung eines Waffenrohres

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Innenbeschichtung eines Waffenrohres, auf dessen innere Oberfläche (9) mindestens in einem Teilbereich (2) ein Schichtwerkstoff zur Vermeidung von Erosionen aufgebracht wird. Um auf einfache Weise hochschmelzende Schichtwerkstoffe auf die innere Oberfläche (9) des Waffenrohres (1) aufzubringen, schlägt die Erfindung vor, die Innenbeschichtung des jeweiligen Waffenrohres (1) durch Plasma-Auftragsschweißen vorzunehmen, wobei in dem Waffenrohr (1) ein Brenner (4) zum Erzeugen einer Plasmaflamme (8) angeordnet ist, welche sich bis zur inneren Oberfläche (9) des Waffenrohres (1) erstreckt und in welches der Schichtwerkstoff in pulver-, draht- oder bandförmiger Form eingebracht wird. In dem Plasma wird der Schichtwerkstoff aufgeschmolzen und das schmelzförmige Material an der inneren Oberfläche (9) des Waffenrohres (1) dann abgeschieden.



**DE 199 19 687 A 1**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Innenbeschichtung eines Waffenrohres, auf dessen innere Oberfläche mindestens in einem Teilbereich mindestens eine Schicht eines Schichtwerkstoffes zur Vermeidung von Erosionen aufgebracht wird.

In der Waffentechnik bewirken leistungsgesteigerte Munitionsarten aufgrund ihrer beim Abschluß entstehenden hohen Gastemperaturen und Strömungsgeschwindigkeiten, insbesondere bei den aus Stahl bestehenden Waffenrohren, starke Erosionen, die das jeweilige Waffenrohr bereits vor Erreichen seiner Ermüdungslebensdauer verschleifen. Es ist bereits bekannt, die entsprechenden Waffenrohre zwecks Vermeidung derartiger Erosionen mit einer Hartchromschicht zu versehen. Dabei wird der Hartchrom elektrolytisch an der inneren Oberfläche des Waffenrohres abgeschieden.

Nachteilig ist bei diesem bekannten Verfahren unter anderem, daß die elektrolytisch abgeschiedenen Hartchromschichten der leistungsgesteigerten Munition nicht standhalten. An den sich dadurch ergebenden Chromausbrüchen entstehen nach und nach starke Erosionen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Innenbeschichtung eines Waffenrohres anzugeben, mit dem zur Vermeidung von Erosionen hochschmelzende Schichtwerkstoffe auf die innere Oberfläche des Waffenrohres aufgebracht werden können, wobei die auf dem Waffenrohr aufgetragene Beschichtung insbesondere eine hohe Haftfestigkeit besitzen soll.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung offenbaren die Unteransprüche.

Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, die Innenbeschichtung des jeweiligen Waffenrohres durch Plasma-Auftragsschweißen vorzunehmen, wobei in dem Waffenrohr ein Brenner zum Erzeugen eines Plasmas angeordnet ist, welches sich bis zur inneren Oberfläche des Waffenrohres erstreckt und in welches der Schichtwerkstoff in pulver-, draht- oder bandförmiger Form eingebracht wird. In dem Plasma wird der Schichtwerkstoff aufgeschmolzen und das schmelzförmige Material an der inneren Oberfläche des Waffenrohres dann abgeschieden.

Durch eine entsprechende Relativbewegung zwischen dem Brenner und dem Waffenrohr kann eine flächige Beschichtung der inneren Oberfläche des Waffenrohres mit dem Schichtwerkstoff erzielt werden. Außerdem ist es durch Wiederholung des Beschichtungsvorganges möglich, unterschiedliche Schichten nacheinander aufzubringen und das Waffenrohr an die jeweiligen Anforderungen optimal anzupassen.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß hochschmelzende Werkstoffe, wie Niob, Molybdän, Tantal, Hafnium, Vanadin, Wolfram, Zirkonium oder deren Legierungen, in Schichtdicken bis zu einigen mm auf die innere Oberfläche des Waffenrohres aufgebracht werden können. Demgegenüber lassen sich mit den bekannten galvanischen Verfahren Werkstoffe wie Molybdän oder Tantal aus wässrigen Elektrolyten nicht abscheiden. Außerdem lassen sich mit den bekannten Verfahren lediglich Schichtdicken von einigen Zehntelmillimeter erzeugen.

Die Beschichtung kann sowohl auf der gesamten Rohrinnenfläche als auch selektiv aufgetragen werden. In beiden Fällen ist allerdings zu beachten, daß das Waffenrohr vor der Beschichtung an die entsprechende Wandstärke der Beschichtung angepaßt werden muß, d. h., der zu beschichtende Rohrabschnitt muß einen Durchmesser besitzen, der

dem Kaliberdurchmesser zuzüglich der doppelten Wandstärke der Beschichtung entspricht.

Um eine Beschichtung des Waffenrohres mit hochschmelzenden Metallsalzen wie Karbiden oder Nitriden vorzunehmen, hat es sich als vorteilhaft erwiesen, zusätzlich zu dem entsprechenden Metall dem Plasma ein geeignetes Gas (z. B. Methan zur Bildung von Karbiden oder Stickstoff zur Bildung von Nitriden) zuzuführen.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus dem folgenden anhand von Figuren erläuterten Ausführungsbeispiel. Es zeigen:

Fig. 1-3 den zu beschichtenden Rohrabschnitt eines Waffenrohres vor, während und nach Durchführung der Innenbeschichtung sowie

Fig. 4 den in den Fig. 1-3 dargestellten Rohrabschnitt nach einer mechanischen Nachbearbeitung.

In Fig. 1 ist mit 1 ein Waffenrohr bezeichnet, welches in einem Teilbereich 2 mit einem Refraktärmetall, z. B. Niob, beschichtet werden soll. In dem zu beschichtenden Teilbereich 2 weist das Waffenrohr 1 gegenüber dem Kaliberdurchmesser ein Übermaß 3 auf.

Zur Beschichtung des Waffenrohres 1 ist ein Plasmabrenner 4 mit einer Kathode und einer gegebenenfalls wassergekühlten Anode (aus Übersichtlichkeitsgründen sind die Elektroden nicht dargestellt) vorgesehen (Fig. 2). Die Kathode und Anode sind über entsprechende elektrische Leitungen mit einer Stromquelle 5 verbunden. Soll eine Beschichtung des Waffenrohres 1 vorgenommen werden, so wird ein Lichtbogen zwischen der Kathode und der Anode gezündet und der Plasmabrenner 4 mittels einer Vorrichtung 6 in den Innenraum 7 des Waffenrohres 1 eingeschoben.

Da sich das Waffenrohr 1 ebenfalls auf Anodenpotential befindet, dehnt sich die Plasmaflamme 8 bis zur inneren Oberfläche 9 des Waffenrohres 1 aus. Der schichtbildende Werkstoff, der sich beispielsweise in Pulverform in einem Behälter 10 befindet, wird in die Plasmaflamme 8 eingebracht und dort aufgeschmolzen. Aufgrund der Strömungsgeschwindigkeit der expandierenden Plasmagase werden die tropfenförmigen, schmelzflüssigen Werkstoffpartikel gegen die zu beschichtende Oberfläche 9 geschleudert. Da das Waffenrohr 1 ebenfalls in einem relativ schmalen oberflächennahen Bereich 11 durch die Plasmaflamme 8 aufgeschmolzen wird, kommt es zu einer Legierungsbildung zwischen Grund- und Schichtwerkstoff. Dieser schmelzflüssige Verbund beider Werkstoffe führt dann zu einer sehr hohen Haftung des Schichtwerkstoffes an der inneren Oberfläche 9 des Waffenrohres 1.

Um eine Reaktion des schmelzflüssigen Schichtwerkstoffes mit der Umgebungsatmosphäre (und damit die Bildung von Oxiden, Nitriden oder Karbiden) zu verhindern, hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Plasmaflamme 8 und das Schmelzbad von einem Schutzgasmantel umgeben werden. Hierzu ist ein mit einem Schutzgas gefüllter Behälter 12 vorgesehen, der über Leitungen mit dem Plasmabrenner 4 verbunden ist.

Eine flächige Beschichtung der inneren Oberfläche 9 des Waffenrohres 1 in dem Teilbereich 2 wird dadurch erhalten, daß der Plasmabrenner 4 und das Waffenrohr 1 relativ zueinander eine beispielsweise spiralförmige Bewegung ausführen. Hierzu kann beispielsweise der Plasmabrenner 4 mit Hilfe der Vorrichtung 6 sowohl eine axiale als auch eine rotatorische Bewegung durchführen. Ferner kann der Brenner 4 durch die Vorrichtung 6 auch nur axial verschoben und das Waffenrohr 1 durch einen nicht dargestellten Antrieb um seine Seelenachse gedreht werden.

Nach vollständigem Aufbringen der Schicht 13 auf den Teilbereich 2 (Fig. 3) erfolgt eine mechanische Nachbear-

beutung, da die Schicht 13 eine relativ raue Oberfläche 14 aufweist. Die zunächst auf das Waffenrohr 1 aufzutragende Schichtdicke 15 der Schicht 13 muß daher größer sein als die Schichtdicke 16 der Schicht 17 des fertigen Waffenrohres (Fig. 4).

Die Erfindung ist selbstverständlich nicht auf das vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. So kann beispielsweise zur Erzeugung des Schutzgasmantels vor dem Beschichtungsvorgang das gesamte Waffenrohr 1 mit dem entsprechenden Schutzgas geflutet werden. Alternativ kann auch auf einen Schutzgasmantel verzichtet werden und das Waffenrohr 1 vor dem Beschichtungsvorgang evakuiert werden.

Um eine Verbesserung der Haftfestigkeit zu erreichen, kann es außerdem vorteilhaft sein, statt nur einer Schicht eines Schichtwerkstoffes mehrere Schichten gleicher oder unterschiedlicher Schichtwerkstoffe nacheinander auf die innere Oberfläche des Waffenrohres aufzutragen.

Ferner lassen sich unter Verwendung von Zwischenschichten Werkstoffe auf das Grundmaterial (z. B. Stahl) auftragen, die sich direkt nicht auftragsschweißen lassen. So kann beispielsweise zum Auftragen einer Chrom- oder Molybdän-Beschichtung des Waffenrohres zunächst als Zwischenschicht eine Nickelbasislegierung auf das aus Stahl bestehende Waffenrohr aufgebracht werden. Die Schichtdicken der Deck- und Zwischenschichten sollten je nach Anwendungsfall zwischen 0,5 und 1,5 mm liegen.

#### Bezugszeichenliste

1 Waffenrohr	
2 Teilbereich	
3 Übermaß	
4 Plasmabrenner, Brenner	
5 Stromquelle	35
6 Verfahreinrichtung	
7 Innenraum (Waffenrohr)	
8 Plasmaflamme	
9 innere Oberfläche (Waffenrohr)	
10 Behälter	40
11 oberflächennaher Bereich	
12 Behälter	
13 Schicht	
14 Oberfläche	
15, 16 Schichtdicken	45
17 Schicht	

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Innenbeschichtung eines Waffenrohres, auf dessen innere Oberfläche (9) mindestens in einem Teilbereich (2) mindestens eine Schicht (17) eines Schichtwerkstoffes zur Vermeidung von Erosionen aufgebracht wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Schichtwerkstoff durch Plasma-Auftragsschweißen auf die innere Oberfläche (9) des Waffenrohres (1) aufgebracht wird, daß hierzu in dem Waffenrohr (1) ein gegenüber diesem axial verschiebbarer Brenner (4) angeordnet ist, welcher eine Plasmaflamme (8) erzeugt, die sich bis zur jeweiligen inneren Oberfläche (9) des Waffenrohres (1) erstreckt, daß der Schichtwerkstoff in die Plasmaflamme (8) in pulver-, draht- oder bandförmiger Form eingebracht wird, derart, daß es von der Plasmaflamme (8) aufgeschmolzen und das schmelzflüssige Material sich an der inneren Oberfläche (9) des Waffenrohres (1) niederschlägt und

daß anschließend der Brenner (4) relativ zum Waffenrohr (1) weiterbewegt wird, so daß sich eine flächige Beschichtung der inneren Oberfläche (9) mit dem Schichtwerkstoff ergibt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Schichtwerkstoff Niob, Molybdän, Tantal, Hafnium, Chrom, Vanadin, Wolfram, Zirkonium oder deren Legierungen verwendet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Schichten gleicher oder unterschiedlicher Schichtwerkstoffe nacheinander auf die innere Oberfläche (9) des Waffenrohres (1) aufgetragen werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß vor einer Innenbeschichtung eines aus Stahl bestehenden Waffenrohres (1) mit einem Schichtwerkstoff aus Chrom oder Molybdän eine Nickelbasislegierung auf die innere Oberfläche (9) des Waffenrohres (1) durch Plasma-Auftragsschweißen aufgebracht wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Aufbringen eines Metalkarbid als Schichtwerkstoff auf die innere Oberfläche des Waffenrohres (1) zusätzlich zu einem entsprechenden Metall Methan der Plasmaflamme (8) zugeführt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Aufbringen eines Metallnitrides als Schichtwerkstoff auf die innere Oberfläche des Waffenrohres (1) zusätzlich zu einem entsprechenden Metall Stickstoff der Plasmaflamme (8) zugeführt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtdicke (16) des jeweils aufzubringenden Schichtwerkstoffes zwischen 0,5 und 1,5 mm beträgt.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

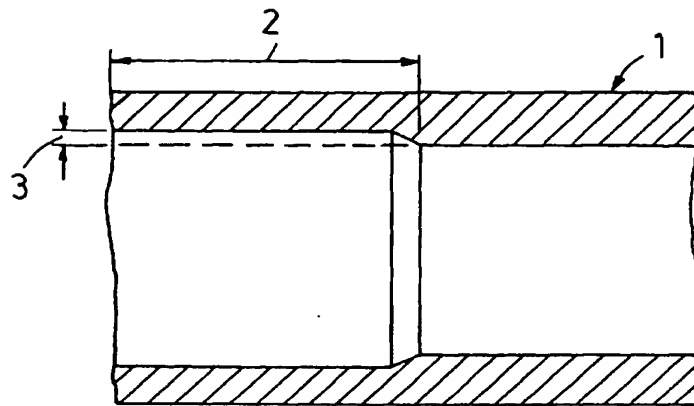


FIG. 1

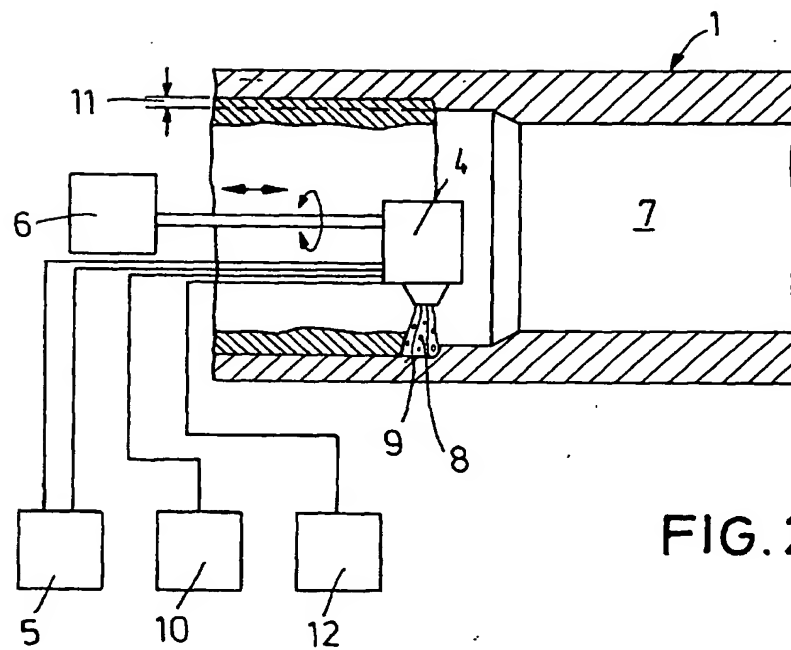


FIG. 2

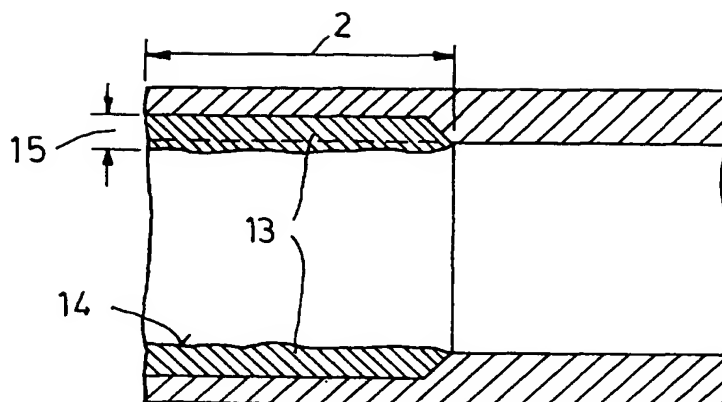


FIG. 3

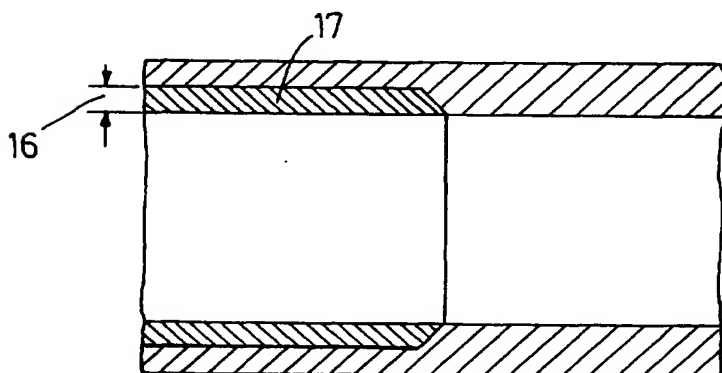


FIG. 4